

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

50212-576  
Takagi et al.  
Feb. 18, 2004  
10/779,860

*McDermott Will & Emery LLP*

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    2 月 1 8 日  
Date of Application:

出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 4 0 1 8 6  
Application Number:  
[ST. 10/C] :                      [ J P 2 0 0 3 - 0 4 0 1 8 6 ]

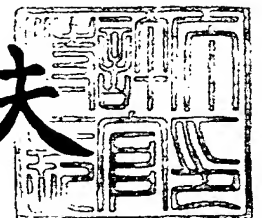
出 願 人                      住友電気工業株式会社  
Applicant(s):                      九州大学長

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年    3 月    1 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 103Y0044

【提出日】 平成15年 2月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/00  
G02F 1/35501

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 高城 政浩

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 春名 徹也

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地 住友電気工業株式会  
社横浜製作所内

【氏名】 角井 素貴

【発明者】

【住所又は居所】 福岡県大野城市筒井 3 丁目 2 - 4 ファミール・プライマ  
ル 2 0 1

【氏名】 村田 貴広

【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 594160186

【氏名又は名称】 九州大学長

**【代理人】****【識別番号】** 100088155**【弁理士】****【氏名又は名称】** 長谷川 芳樹**【選任した代理人】****【識別番号】** 100089978**【弁理士】****【氏名又は名称】** 塩田 辰也**【選任した代理人】****【識別番号】** 100092657**【弁理士】****【氏名又は名称】** 寺崎 史朗**【選任した代理人】****【識別番号】** 100110582**【弁理士】****【氏名又は名称】** 柴田 昌聰**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 014708**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0106993**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 蛍光性ガラス、光増幅用導波路および光増幅モジュール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 15～50mol%の $\text{Al}_2\text{O}_3$ と、  
0～80mol%の $\text{SiO}_2$ と、  
 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_5$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ および  
 $\text{Yb}_2\text{O}_3$ のうち少なくとも1種類以上の合計5～85mol%の酸化物と、  
希土類元素イオンと、  
を含有することを特徴とする蛍光性ガラス。

【請求項 2】  $\text{B}_2\text{O}_3$ を5～85mol%含むことを特徴とする請求項 1 記載の蛍光性ガラス。

【請求項 3】  $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_5$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ および $\text{Yb}_2\text{O}_3$ のうち少なくとも1種類以上を合計で5～85mol%含むことを特徴とする請求項 1 記載の蛍光性ガラス。

【請求項 4】 前記希土類元素イオンがEr 元素イオンであり、Er 元素イオンの含有濃度が重量比率で2000wt.ppm以上であることを特徴とする請求項 1 記載の蛍光性ガラス。

【請求項 5】 コア領域の少なくとも一部が請求項 1～4 の何れか1項に記載の蛍光性ガラスからなり、前記コア領域に励起光および信号光を導波し得るとともに、前記励起光が供給されることにより前記信号光を光増幅し得ることを特徴とする光増幅用導波路。

【請求項 6】 前記コア領域が、前記蛍光性ガラスからなる中心コア領域と、この中心コア領域を取り囲み石英系ガラスを主成分とする外側コア領域と、を含むことを特徴とする請求項 5 記載の光増幅用導波路。

【請求項 7】 前記外側コア領域が、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、Cl およびFのうち少なくとも1種類を含む、ことを特徴とする請求項 6 記載の光増幅用導波路。

【請求項 8】 前記コア領域が、石英系ガラスを主成分とする中心コア領域と、この中心コア領域を取り囲み前記蛍光性ガラスからなる外側コア領域と、を

含むことを特徴とする請求項 5 記載の光増幅用導波路。

【請求項 9】 前記中心コア領域が、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Cl}$  および  $\text{F}$  のうち少なくとも 1 種類を含む、ことを特徴とする請求項 8 記載の光増幅用導波路。

【請求項 10】 前記コア領域の周囲に設けられたクラッド領域が、前記コア領域より屈折率が低く、融点が  $1400^\circ\text{C}$  以上である、ことを特徴とする請求項 5 記載の光増幅用導波路。

【請求項 11】 請求項 1～4 の何れか 1 項に記載の蛍光性ガラスと、この蛍光性ガラスに励起光を供給する励起光供給手段と、を備えることを特徴とする光増幅モジュール。

【請求項 12】 請求項 5～10 の何れか 1 項に記載の光増幅用導波路と、この光増幅用導波路に励起光を供給する励起光供給手段と、を備えることを特徴とする光増幅モジュール。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

##### 【発明の属する技術分野】

本発明は、蛍光性を有する蛍光性ガラス、この蛍光性ガラスからなる光増幅用導波路、および、これらの蛍光性ガラスまたは光増幅用導波路を含む光増幅モジュールに関するものである。

##### 【0002】

##### 【従来の技術】

光通信システム等において用いられる光増幅モジュールは、信号光が光伝送路を伝搬する間に被った損失を補償するものであり、光増幅媒体である光増幅用ファイバに励起光を供給することにより、その光増幅用ファイバにおいて信号光を増幅することができる。このとき用いられる光増幅用ファイバのコア領域は、石英ガラスに希土類元素イオンが添加された蛍光性ガラスからなる。

##### 【0003】

例えば、 $\text{Er}$  元素イオンが添加された石英系の光増幅用ファイバ ( $\text{EDF}$ : Erbium Doped Fiber) を光増幅媒体として有する光増幅モジュール ( $\text{EDFA}$ : Erbium Doped Fiber Amplifier) がある。

bium Doped Fiber Amplifier) は、波長  $0.98\ \mu\text{m}$  帯または波長  $1.48\ \mu\text{m}$  帯の励起光を用いて、Cバンド ( $1530\ \text{nm} \sim 1565\ \text{nm}$ ) またはLバンド ( $1565\ \text{nm} \sim 1625\ \text{nm}$ ) の信号光を光増幅することができる。

#### 【0004】

また、特許文献1に開示された蛍光性ガラスは、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ および $\text{B}_2\text{O}_3$ などを含み、更に、 $\text{Ln}_x\text{O}_y$  (ただし、 $\text{Ln}$ は、Y, Ce, Pr, Nd, ... などから選ばれる元素) をも含むものであって、励起光として紫外光が照射されることにより、可視域の蛍光を発生させることができる。

#### 【0005】

##### 【特許文献1】

特開 2000-159543号公報

#### 【0006】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし、EDFは、Er元素イオンが高濃度に添加されると、濃度消光が発生する。また、EDFは、光増幅可能な波長帯域の幅が充分ではなく、特に、波長  $1605\ \text{nm}$  以上の波長域では光増幅が不可能であり、波長  $1525\ \text{nm}$  以下の波長域でも光増幅が実質的に不可能である。

#### 【0007】

また、特許文献1に開示された蛍光性ガラスは、可視域の蛍光を発生させるものであり、一般に光通信に用いられる信号光波長帯域では透過率が低い。したがって、この蛍光性ガラスを用いた光増幅用ファイバを構成したとしても、その光増幅用ファイバは光通信用途には使用できない。

#### 【0008】

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、高濃度の希土類元素イオンの添加が可能で光通信用途に好適な蛍光性ガラス、光増幅用導波路および光増幅モジュールを提供することを目的とする。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明に係る蛍光性ガラスは、 $15 \sim 50\ \text{mol}\%$  の  $\text{Al}_2\text{O}_3$  と、 $0 \sim 80\ \text{mol}\%$

の  $\text{SiO}_2$  と、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_5$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$  および  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  のうち少なくとも 1 種類以上の合計 5 ～ 85 mol% の酸化物と、希土類元素イオンと、を含有することを特徴とする。なお、 $\text{SiO}_2$  の含有濃度が 0 mol% である場合、すなわち、 $\text{SiO}_2$  が含有されない場合も含まれる。この本発明に係る蛍光性ガラスは、従来の蛍光性ガラスと比較して、濃度消光が抑制されるので、高濃度の希土類元素イオンの添加が可能であり、一般に光通信において用いられる信号光波長帯域に含まれる波長の蛍光を高効率に発生させることができる。

#### 【0010】

本発明に係る蛍光性ガラスは、 $\text{B}_2\text{O}_3$  を 5 ～ 85 mol% 含むのが好適である。また、本発明に係る蛍光性ガラスは、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_5$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$  および  $\text{Yb}_2\text{O}_3$  のうち少なくとも 1 種類以上を合計で 5 ～ 85 mol% 含むのが好適である。本発明に係る蛍光性ガラスに含有される希土類元素イオンが  $\text{Er}$  元素イオンであるのが好適であり、その  $\text{Er}$  元素イオンの含有濃度が重量比率で 2000 wt.ppm 以上であるのが好適である。

#### 【0011】

本発明に係る光増幅用導波路は、コア領域の少なくとも一部が上記の蛍光性ガラスからなり、コア領域に励起光および信号光を導波し得るとともに、励起光が供給されることにより信号光を光増幅し得ることを特徴とする。この光増幅用導波路は、光通信システムにおいて信号光を光増幅する光増幅媒体として好適に用いられ得る。

#### 【0012】

本発明に係る光増幅用導波路は、コア領域が、蛍光性ガラスからなる中心コア領域と、この中心コア領域を取り囲み石英系ガラスを主成分とする外側コア領域と、を含むことを特徴とする。この光増幅用導波路では、導波光のエネルギーが大きい中心コア領域が蛍光性ガラスからなるから、励起光供給により信号光が高効率に光増幅され得る。このとき、外側コア領域が、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{GeO}_2$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Cl}$  および  $\text{F}$  のうち少なくとも 1 種類を含むのが好適であり、この場合には、コア領域全体の屈折率分布形成の自由度が増す。

**【0013】**

本発明に係る光増幅用導波路は、コア領域が、石英系ガラスを主成分とする中心コア領域と、この中心コア領域を取り囲み蛍光性ガラスからなる外側コア領域と、を含むことを特徴とする。この光増幅用導波路では、導波光のエネルギーが大きい中心コア領域で透明性が高くなることから、励起光および信号光それぞれの損失が小さい。このとき、中心コア領域が、 $Al_2O_3$ 、 $GeO_2$ 、 $P_2O_5$ 、 $Cl$  および  $F$  のうち少なくとも 1 種類を含むのが好適であり、この場合には、コア領域全体の屈折率分布形成の自由度が増す。

**【0014】**

本発明に係る光増幅用導波路は、コア領域の周囲に設けられたクラッド領域が、コア領域より屈折率が低く、融点が  $1400^{\circ}C$  以上であるのが好適である。この場合には、他の石英系光ファイバと融着接続する際に、その接続が容易となる。

**【0015】**

本発明に係る光増幅モジュールは、上記の蛍光性ガラスと、この蛍光性ガラスに励起光を供給する励起光供給手段と、を備えることを特徴とする。或いは、本発明に係る光増幅モジュールは、上記の光増幅用導波路と、この光増幅用導波路に励起光を供給する励起光供給手段と、を備えることを特徴とする。これらの光増幅モジュールは、光増幅媒体として用いられる蛍光性ガラスまたは光増幅用導波路において、濃度消光が抑制されるので、高濃度の希土類元素イオンの添加が可能であり、一般に光通信において用いられる信号光波長帯域に含まれる光を高効率に光増幅することができる。

**【0016】****【発明の実施の形態】**

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

**【0017】**

先ず、本発明に係る蛍光性ガラスの実施形態について説明する。本実施形態に係る蛍光性ガラスは、 $15 \sim 50 \text{ mol\%}$  の  $Al_2O_3$  と、 $0 \sim 80 \text{ mol\%}$  の  $SiO_2$



と、 $B_2O_3$ ,  $Ga_2O_3$ ,  $Y_2O_3$ ,  $Ta_2O_5$ ,  $Sb_2O_3$ ,  $Nd_2O_5$ ,  $La_2O_3$ および $Yb_2O_3$ のうち少なくとも1種類以上の合計5～85mol%の酸化物と、希土類元素イオンと、を含有する。

#### 【0018】

この蛍光性ガラスにおける $Al_2O_3$ 含有濃度は、15mol%以上であることが必要であるが、好ましくは18mol%以上であり、より好ましくは20mol%以上である。一方、 $Al_2O_3$ 含有濃度が大きすぎるとガラス化が困難になるので、 $Al_2O_3$ 含有濃度は50mol%以下であることが必要である。

#### 【0019】

この蛍光性ガラスに $B_2O_3$ が含まれていて、その $B_2O_3$ 含有濃度は、5mol%以上であるのが好適であり、より好ましくは10mol%以上であり、更に好ましくは15mol%以上である。一方、 $B_2O_3$ 含有濃度が大きすぎると、蛍光性ガラスの融点が低くなり、蛍光性ガラスの屈折率が低くなるので、 $B_2O_3$ 含有濃度は、85mol%以下であるのが好適であり、より好ましくは75mol%以下である。

#### 【0020】

また、この蛍光性ガラスに $Ga_2O_3$ ,  $Y_2O_3$ ,  $Ta_2O_5$ ,  $Sb_2O_3$ ,  $Nd_2O_5$ ,  $La_2O_3$ および $Yb_2O_3$ のうち少なくとも1種類以上が含まれていて、これら含有濃度の合計は、5～85mol%であるのが好適であり、好ましくは8～80mol%であり、より好ましくは10～80mol%である。特に、 $Ga_2O_3$ および $Ta_2O_5$ の双方または何れか一方が含まれていると、蛍光波長域の広帯域化に効果的である。また、 $Y_2O_3$ が含まれていると、蛍光性ガラスの機械的強度の向上に効果的である。

#### 【0021】

この蛍光性ガラスに含有される希土類元素イオンは、Pr, Nd, Tm, Dy, Erなどのイオンであるのが好適である。特に、Er元素イオンであるのが好適であり、この場合には、一般に光通信に用いられる波長1500nm～1600nm帯の信号光を光増幅する上で好ましい。

#### 【0022】

この蛍光性ガラスは、従来の蛍光性ガラスと比較して、Er元素イオンのクラ

スタリングが生じ難く、濃度消光が抑制されるので、高濃度の希土類元素イオンの添加が可能であり、一般に光通信において用いられる信号光波長帯域に含まれる波長の蛍光を高効率に発生させることができる。蛍光性ガラスに含有される希土類元素イオンの含有濃度は、重量比率で2000 wt.ppm以上であるのが好適であり、より好適には2500 wt.ppm以上である。

#### 【0023】

特に、波長1600 nm以上の信号光を光増幅する光増幅媒体として用いられる場合には、この蛍光性ガラス（または、この蛍光性ガラスからなる光増幅用導波路）は、単位長さ当たりのErイオン含有濃度を大きくする（例えば3000 wt.ppm以上とする）ことで、必要な光増幅利得を得るのに必要な長さが短くて済む。そのため、蛍光性ガラスからなる光増幅用導波路（例えば光増幅用ファイバ）は、収納性に優れ、非線形光学現象の発生を抑制する上で好ましい。

#### 【0024】

次に、本発明に係る蛍光性ガラスの実施例について説明する。実施例のサンプルAは、16 mol%のY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、25.6 mol%のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、38.1 mol%のSiO<sub>2</sub>、20 mol%のB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、および、0.6 mol%のEr<sup>3+</sup>イオンを含有するものであった。実施例のサンプルBは、14 mol%のY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、22.4 mol%のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、33.3 mol%のSiO<sub>2</sub>、15 mol%のGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、15 mol%のTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、および、0.6 mol%のEr<sup>3+</sup>イオンを含有するものであった。実施例のサンプルCは、15 mol%のY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、25 mol%のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、59.7 mol%のB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、および、0.6 mol%のEr<sup>3+</sup>イオンを含有するものであった。また、比較例のサンプルDは、25 mol%のY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、15 mol%のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、59.7 mol%のB<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、および、0.6 mol%のEr<sup>3+</sup>イオンを含有するものであった。これらのサンプルA～Dそれぞれは、熔融法により作成された。

#### 【0025】

これらのサンプルA～Dのうち、サンプルA～Cそれぞれはガラス化することができたものの、サンプルDはガラス化することができなかった。サンプル（蛍光性ガラス）A～Cそれぞれについて、Er元素イオンを励起し得る波長980 nmの励起光を蛍光性ガラスに照射して、波長間隔1 nmで蛍光強度を測定した

。図1は、実施例の蛍光性ガラスAの蛍光スペクトルを示す図である。図2は、実施例の蛍光性ガラスBの蛍光スペクトルを示す図である。また、図3は、実施例の蛍光性ガラスCの蛍光スペクトルを示す図である。これらの図において、縦軸は、蛍光のピーク値で規格化されている。これらの図から判るように、蛍光性ガラスA～Cそれぞれは、Cバンドを含む広い波長帯域で蛍光を発生し得る。

#### 【0026】

次に、本発明に係る光増幅用導波路の実施形態について説明する。本実施形態に係る光増幅用導波路は、コア領域の少なくとも一部が上記の蛍光性ガラスからなる。そして、この光増幅用導波路は、コア領域に励起光および信号光を導波し得るものであり、該励起光が供給されることにより該信号光を光増幅し得る。蛍光性ガラスを光増幅媒体として用いる場合、蛍光性ガラスをバルクとして用いてもよいが、光導波路の形態として用いることで小型化・高効率化が可能である。また、光導波路の形態としては、平面光導波路構造、リッジ型構造および光ファイバの形態のうちの何れの形態であってもよい。

#### 【0027】

図4は、第1実施形態に係る光増幅用導波路10の説明図である。この図に示される光増幅用導波路10は、平面光導波路構造のものであって、基板13の上に形成されたクラッド領域12内にコア領域11が埋設されている。コア領域11は、断面形状が矩形であって長手方向に一定であり、クラッド領域12より高い屈折率を有し、少なくとも一部が上記の蛍光性ガラスからなる。

#### 【0028】

図5は、第2実施形態に係る光増幅用導波路20の説明図である。この図に示される光増幅用導波路20は、リッジ型構造のものであって、基板23の上に薄膜22が形成され、その薄膜の一部の厚みが厚くなってコア領域21とされている。コア領域21は、断面形状が長手方向に一定であって、基板23より高い屈折率を有し、少なくとも一部が上記の蛍光性ガラスからなる。

#### 【0029】

図6は、第3実施形態に係る光増幅用導波路30の説明図である。同図(a)は、光軸に垂直な断面を示し、同図(b)は、径方向の屈折率プロファイルを示

す。この図に示される光増幅用導波路 30 は、光ファイバ形態のものであって、コア領域 31 と、これを取り囲むクラッド領域 32 とを含む。コア領域 31 は、断面形状が円形であって長手方向に一定であり、クラッド領域 32 より高い屈折率を有し、少なくとも一部が上記の蛍光性ガラスからなる。

#### 【0030】

図 7 は、第 4 実施形態に係る光増幅用導波路 40 の説明図である。同図 (a) は、光軸に垂直な断面を示し、同図 (b) は、径方向の屈折率プロファイルを示す。この図に示される光増幅用導波路 40 は、光ファイバ形態のものであって、中心コア領域 41a と、この中心コア領域 41a を取り囲む外側コア領域 41b と、この外側コア領域 41b を取り囲むクラッド領域 42 とを含む。中心コア領域 41a は、断面形状が円形であって長手方向に一定であり、クラッド領域 42 より高い屈折率を有し、少なくとも一部が上記の蛍光性ガラスからなる。外側コア領域 41b は、断面形状が円形であって長手方向に一定であり、クラッド領域 42 より高い屈折率を有し、石英系ガラスを主成分とする。また、外側コア領域 41b は、 $Al_2O_3$ 、 $GeO_2$ 、 $P_2O_5$ 、Cl および F のうち少なくとも 1 種類を含むのが好適である。なお、中心コア領域 41a および外側コア領域 41b それぞれの屈折率の高低は任意である。

#### 【0031】

図 8 は、第 5 実施形態に係る光増幅用導波路 50 の説明図である。同図 (a) は、光軸に垂直な断面を示し、同図 (b) は、径方向の屈折率プロファイルを示す。この図に示される光増幅用導波路 50 は、光ファイバ形態のものであって、中心コア領域 51a と、この中心コア領域 51a を取り囲む外側コア領域 51b と、この外側コア領域 51b を取り囲むクラッド領域 52 とを含む。中心コア領域 51a は、断面形状が円形であって長手方向に一定であり、クラッド領域 52 より高い屈折率を有し、石英系ガラスを主成分とする。また、中心コア領域 51a は、 $Al_2O_3$ 、 $GeO_2$ 、 $P_2O_5$ 、Cl および F のうち少なくとも 1 種類を含むのが好適である。外側コア領域 51b は、断面形状が円形であって長手方向に一定であり、クラッド領域 52 より高い屈折率を有し、少なくとも一部が上記の蛍光性ガラスからなる。なお、中心コア領域 51a および外側コア領域 51b そ

それぞれの屈折率の高低は任意である。

#### 【0032】

なお、光増幅用導波路において、クラッド領域は、コア領域より低い屈折率を有することが必要であり、透明度が高いことが好ましい。クラッド領域は、石英系ガラスを主成分とするものであってもよいし、他の酸化物ガラスであってもよいし、また、ガラスではなく他の材料であってもよく、例えば透明な樹脂であってもよい。また、クラッド領域の融点は1400℃以上であるのが好適であり、この場合には、本実施形態に係る光増幅用導波路と他の光導波路とを融着接続することが容易となる。

#### 【0033】

また、クラッド領域（特に、コア領域に近い部分）に、長手方向に延びる径が数百nm程度の多数の空孔が設けられているのが好適である。この場合には、コア領域への導波光の閉じ込めの効果が大きいので、光増幅効率が大きくなることができ、したがって、導波路長を短くすることができる。或いは、多（2以上）モード伝搬が可能な導波路構造の場合でも、光増幅用導波路内でのモード変換を抑制することで、実質的にシングルモード伝搬することが可能となる。

#### 【0034】

光増幅用導波路は、励起光の供給により信号光の光増幅動作を安定に行うには、使用状況下においてカットオフ波長が励起光波長より短いこと、すなわち、使用状況下において励起光および信号光が実質的にシングルモード伝搬することが好ましい。多モード伝搬が可能な導波路構造の場合でも、光増幅用導波路内でのモード変換を抑制することで、実質的にシングルモード伝搬することが可能となる。この場合、光増幅用導波路がいわゆるマルチモードファイバ構造またはバルクガラス状態であっても、長さ10m以下ないし数mm程度であれば、使用状況下においてこれらの条件を満たすことが可能である。

#### 【0035】

希土類元素イオンとしてEr元素イオンが添加された蛍光性ガラスまたは光増幅用導波路では、そのEr元素イオンを励起し得る励起光の波長帯域は0.98μm帯または1.48μm帯である。特に本実施形態に係る蛍光性ガラスでは、

従来の Er 元素イオン添加石英系ガラスと比較して、波長  $1.48\ \mu\text{m}$  帯での励起光吸収が大きいことから、より励起効率を高めるには、波長  $1.48\ \mu\text{m}$  帯より短い波長  $1.46\ \mu\text{m}$  帯の励起光を用いることも有効である。

#### 【0036】

本実施形態に係る蛍光性ガラスまたは光増幅用導波路は、その光入出射端に他の光導波路（例えば石英系光ファイバ）が光学的に結合されることが好ましい。本実施形態に係る蛍光性ガラスは、融点が比較的高く、平面光導波路または光ファイバの形態であれば、他の光導波路と融着接続することも可能である。このような形態であれば、本実施形態に係る蛍光性ガラスまたは光増幅用導波路は、一般に光通信に用いられる光伝送路の途中または前後に容易に配置されて信号光の光増幅が可能となる。

#### 【0037】

本実施形態に係る蛍光性ガラスまたは光増幅用導波路は、Sバンド（ $1460\ \text{nm} \sim 1530\ \text{nm}$ ）においても蛍光強度が大きいから、この波長帯域の信号光をも光増幅することができる。もちろん、この蛍光性ガラスは、CバンドまたはLバンドの信号光の光増幅も可能である。したがって、本実施形態に係る蛍光性ガラスまたは光増幅用導波路は、S、CおよびLの3つのバンドに亘って多波長信号光を一括光増幅することができ、例えば、多波長信号光の波長間隔が広いC WDM（Course Wavelength Division Multiplexing）光通信においても好適に用いられ得る。

#### 【0038】

次に、本発明に係る光増幅用導波路の実施例について説明する。

#### 【0039】

第1実施例の光増幅用導波路 a は、図6に示された光ファイバ 30 の形態のものであり、既述した実施例の蛍光性ガラス A を用いてコア領域 31 を構成する。具体的には、蛍光性ガラス A からなる円柱形状の母材を用意し、この母材を溶融線引して、外径  $50\ \mu\text{m}$  のガラスファイバとする。そして、この蛍光性ガラス A からなるガラスファイバの周囲に、この蛍光性ガラス A より屈折率が低い紫外線硬化樹脂を塗布して硬化させ、この樹脂層の外径を  $250\ \mu\text{m}$  とする。この実施

例の光増幅用導波路 a では、蛍光性ガラス A からなるガラスファイバがコア領域 3 1 であり、その周囲の樹脂がクラッド領域 3 2 となる。

#### 【0040】

第 2 実施例の光増幅用導波路 b は、図 7 に示された光ファイバ 4 0 の形態のものであり、既述した実施例の蛍光性ガラス B を用いて中心コア領域 4 1 b を構成した。具体的には、中心コア領域 4 1 a は蛍光性ガラス B からなり、外側コア領域 4 1 b は  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を 12 mol% 含む石英系ガラスからなり、クラッド領域 4 2 は純石英ガラスからなり、クラッド径は  $125\text{ }\mu\text{m}$  とする、また、クラッド領域 5 2 の周囲に保護層として樹脂被覆層が形成され、その樹脂層の外径は  $240\text{ }\mu\text{m}$  とする。

#### 【0041】

第 3 実施例の光増幅用導波路 c は、図 8 に示された光ファイバ 5 0 の形態のものであり、既述した実施例の蛍光性ガラス C を用いて外側コア領域 5 1 b を構成した。具体的には、中心コア領域 5 1 a は 5 mol% の  $\text{P}_2\text{O}_5$  および 1 mol% の F を含む石英系ガラスからなり、外側コア領域 5 1 b は蛍光性ガラス C からなり、クラッド領域 5 2 は F 添加石英ガラスからなり、クラッド径は  $125\text{ }\mu\text{m}$  とする。また、クラッド領域 5 2 の周囲に保護層として樹脂被覆層が形成され、その樹脂層の外径は  $260\text{ }\mu\text{m}$  とする。

#### 【0042】

上記の実施例の光増幅用導波路 a ~ c それぞれは、何れも、波長  $0.98\text{ }\mu\text{m}$  帯または波長  $1.46\text{ }\mu\text{m}$  帯の励起光が供給されることにより、S、C および L の 3 つのバンドに亘って多波長信号光を一括光増幅することができる。

#### 【0043】

なお、図 6 ~ 図 8 それぞれでは、光増幅用導波路（光増幅用ファイバ）の屈折率プロファイルはステップ状のものとして模式的に描かれているが、実際には、製造時の添加物の熱拡散に因り、光ファイバの屈折率プロファイルは連続的に変化する場合もある。

#### 【0044】

一般に光通信に使用される光ファイバとの光結合を考慮すると、本実施形態に

係る光増幅用導波路（光ファイバ形態のもの）は、クラッド径が100～150  $\mu\text{m}$  または80～90  $\mu\text{m}$  であるのが好ましい。また、樹脂層の外径が220～270  $\mu\text{m}$  であるのが好ましい。

#### 【0045】

次に、本発明に係る光増幅モジュールの実施形態について説明する。本実施形態に係る光増幅モジュール1は、上述した本実施形態に係る蛍光性ガラスからなる光増幅用ファイバ（光増幅用導波路）を用いるものである。

#### 【0046】

図9は、本実施形態に係る光増幅モジュール1の構成図である。この図に示される光増幅モジュール1は、光入力端101に入力した信号光を光増幅して光出力端102から出力するものである。光増幅モジュール1は、光入力端101から光出力端102へ向かう信号光伝搬経路上に順に、光カップラ111、光アイソレータ121、光カップラ112、光増幅用ファイバ131、利得等化器140、光増幅用ファイバ132、光カップラ113、光アイソレータ122および光カップラ114を備える。また、光増幅モジュール1は、光カップラ111に接続されたフォトダイオード151、光カップラ112に接続されたレーザダイオード162、光カップラ113に接続されたレーザダイオード163、および、光カップラ114に接続されたフォトダイオード154を備える。

#### 【0047】

光増幅用ファイバ131、132それぞれは、上述した蛍光性ガラスからなり、励起光および信号光を導波し得るとともに、励起光が供給されることにより信号光を光増幅し得る。また、光増幅用ファイバ131、132は、互いに組成が異なるのが好適であり、信号光伝搬経路上に光学的に縦続接続されている。光アイソレータ121、122それぞれは、光入力端101から光出力端102へ向かう順方向に光を通過させるが、逆方向には光を通過させない。光カップラ112およびレーザダイオード162は、光増幅用ファイバ131に励起光を供給する励起光供給手段を構成している。光カップラ113およびレーザダイオード163は、光増幅用ファイバ132に励起光を供給する励起光供給手段を構成している。利得等化器140は、光増幅用ファイバ131、132の利得帯域において、



光増幅用ファイバ 131, 132 の利得スペクトルと略同形状の損失スペクトルを有していて、利得を等化するものである。

#### 【0048】

この光増幅モジュール 1 では、励起光源であるレーザダイオード 162 から出力された励起光は、光カップラ 112 を経て光増幅用ファイバ 131 へ順方向に供給される。また、励起光源であるレーザダイオード 163 から出力された励起光は、光カップラ 113 を経て光増幅用ファイバ 132 へ逆方向に供給される。光入力端 101 に入力した信号光は、光カップラ 111、光アイソレータ 121 および光カップラ 112 を経て光増幅用ファイバ 131 に入力し、この光増幅用ファイバ 131 において光増幅される。光増幅用ファイバ 131 において光増幅された信号光は、利得等化器 140 により波長に応じた損失を被った後、光増幅用ファイバ 132 に入力し、この光増幅用ファイバ 132 において光増幅される。光増幅用ファイバ 132 において光増幅された信号光は、光カップラ 113、光アイソレータ 122 および光カップラ 114 を経て光出力端 102 から出力される。また、光入力端 101 に入力した信号光は、その一部が光カップラ 111 により分岐されて、そのパワーがフォトダイオード 151 によりモニタされる。光出力端 102 から出力される信号光は、その一部が光カップラ 114 により分岐されて、そのパワーがフォトダイオード 154 によりモニタされる。

#### 【0049】

この光増幅モジュール 1 の全体の利得スペクトルは、光増幅用ファイバ 131 の利得スペクトル、光増幅用ファイバ 132 の利得スペクトル、および、利得等化器 140 の損失スペクトルを総合したものである。この光増幅モジュール 1 は、光増幅用ファイバ 131, 132 それぞれが互いに異なる組成の蛍光性ガラスからなり、光増幅用ファイバ 131, 132 それぞれの利得帯域が異なるから、全体として広帯域で利得を有することができる。また、光増幅用ファイバ 131, 132 それぞれが上述した本実施形態に係る光増幅用導波路であるから、この点でも広帯域で利得を有することができる。

#### 【0050】

なお、図 9 に示された本実施形態に係る光増幅モジュール 1 では、本実施形態

に係る光増幅用導波路が光増幅媒体として用いられたが、本実施形態に係る蛍光性ガラスが光増幅媒体として用いられてもよい。また、図9に示された本実施形態に係る光増幅モジュール1は信号光を光増幅する光増幅器であったが、本実施形態に係る蛍光性ガラスまたは光増幅用導波路はレーザ発振装置においても光増幅媒体として用いられる。

#### 【0051】

#### 【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明に係る蛍光性ガラスは、15～50mol%の $\text{Al}_2\text{O}_3$ と、0～80mol%の $\text{SiO}_2$ と、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_5$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ および $\text{Yb}_2\text{O}_3$ のうち少なくとも1種類以上の合計5～85mol%の酸化物と、希土類元素イオンと、を含有しており、従来の蛍光性ガラスと比較して、濃度消光が抑制されるので、高濃度の希土類元素イオンの添加が可能であり、一般に光通信において用いられる信号光波長帯域に含まれる波長の蛍光を高効率に発生させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

実施例の蛍光性ガラスAの蛍光スペクトルを示す図である。

##### 【図2】

実施例の蛍光性ガラスBの蛍光スペクトルを示す図である。

##### 【図3】

実施例の蛍光性ガラスCの蛍光スペクトルを示す図である。

##### 【図4】

第1実施形態に係る光増幅用導波路10の説明図である。

##### 【図5】

第2実施形態に係る光増幅用導波路20の説明図である。

##### 【図6】

第3実施形態に係る光増幅用導波路30の説明図である。

##### 【図7】

第4実施形態に係る光増幅用導波路40の説明図である。

**【図 8】**

第 5 実施形態に係る光増幅用導波路 5 0 の説明図である。

**【図 9】**

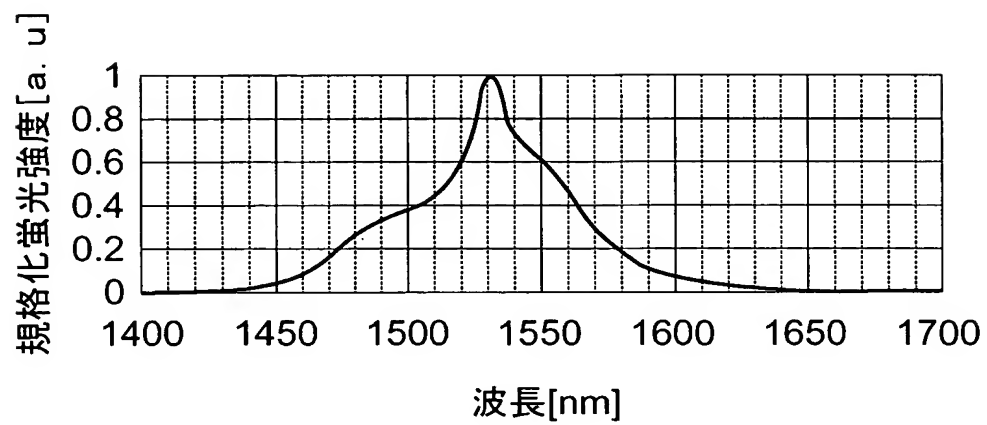
本実施形態に係る光増幅モジュール 1 の構成図である。

**【符号の説明】**

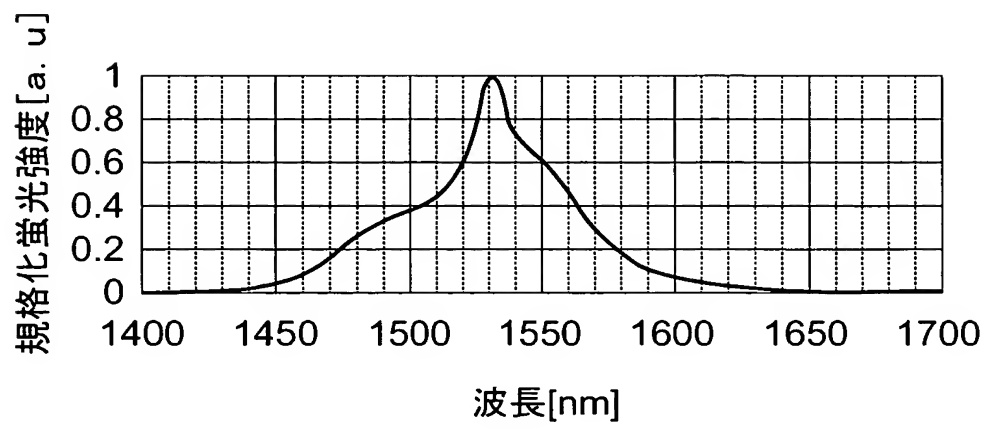
1…光増幅モジュール、1 0, 2 0, 3 0, 4 0, 5 0…光増幅用導波路、1 1 1 ~ 1 1 4…光カップラ、1 2 1, 1 2 2…光アイソレータ、1 3 1, 1 3 2…光増幅用ファイバ、1 4 0…利得等化器、1 5 1, 1 5 4…フォトダイオード、1 6 2, 1 6 3…レーザダイオード。

【書類名】 図面

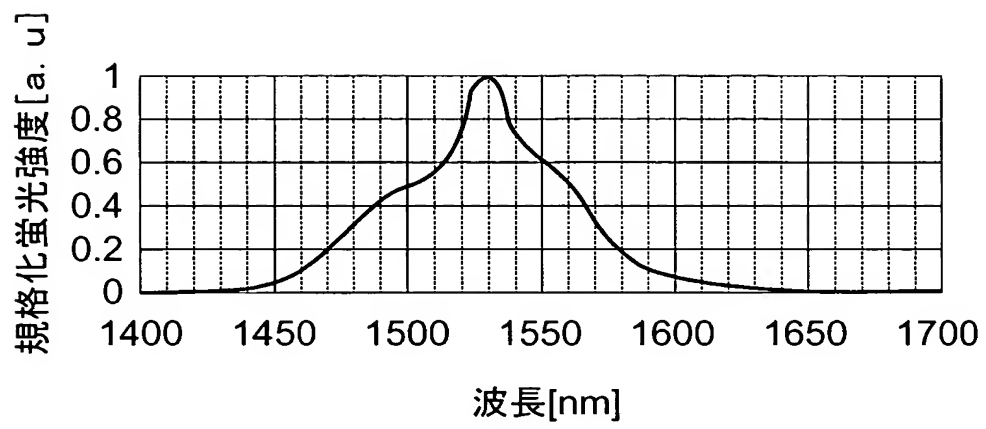
【図 1】



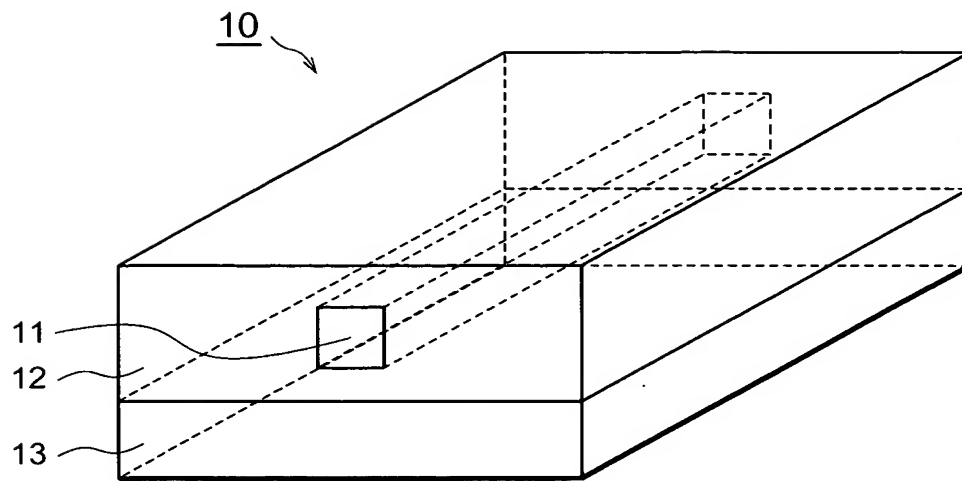
【図 2】



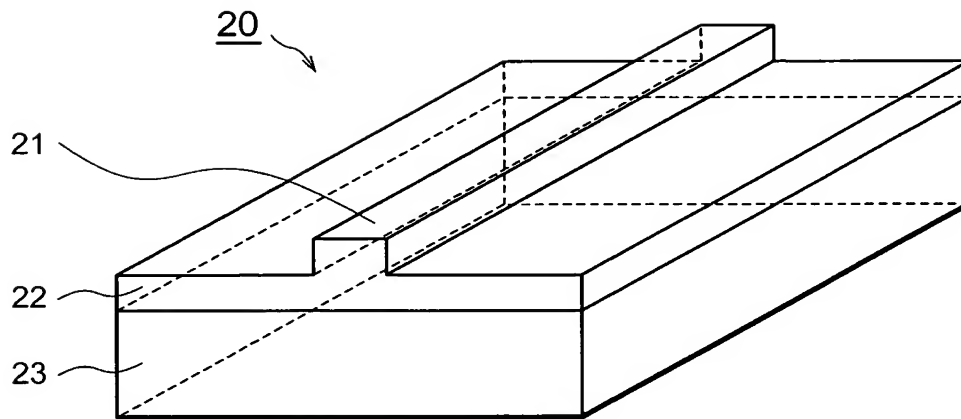
【図 3】



【図 4】

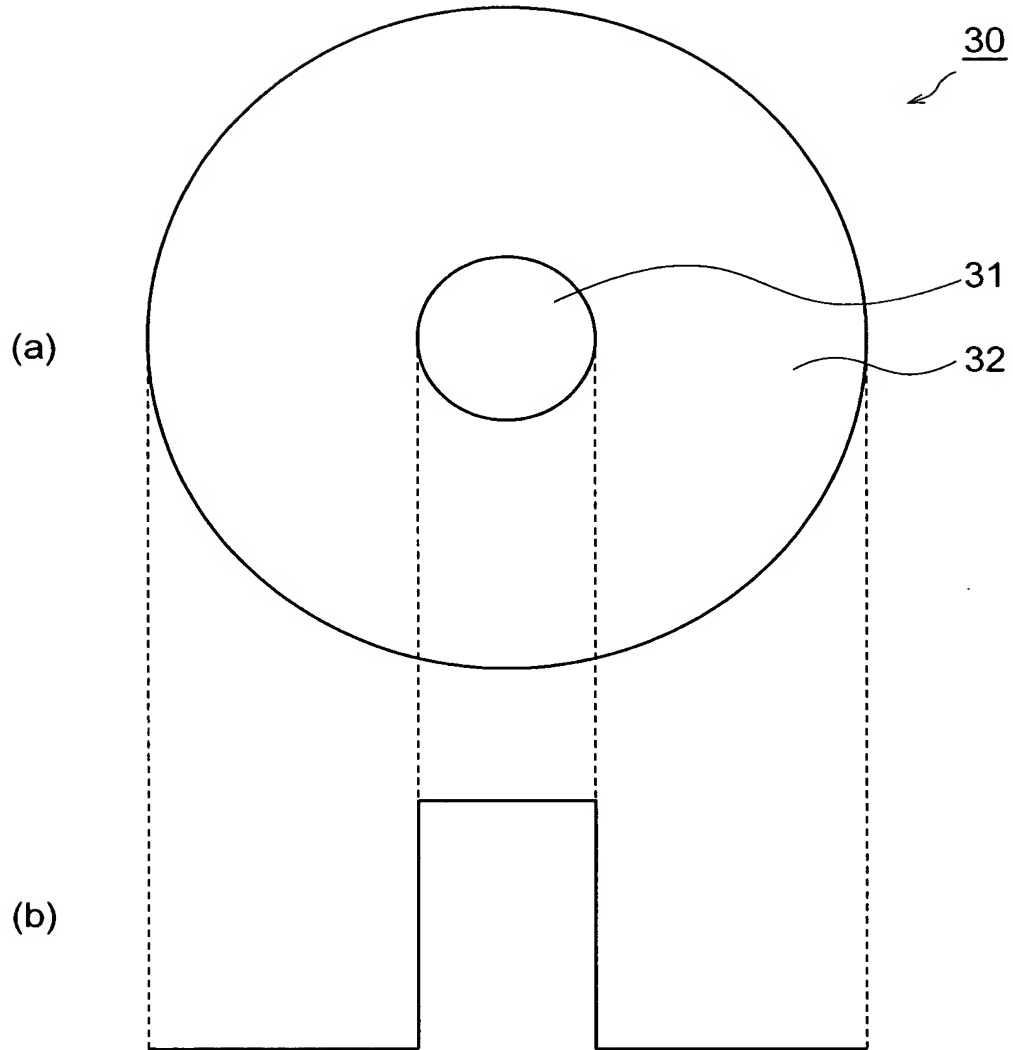


【図 5】

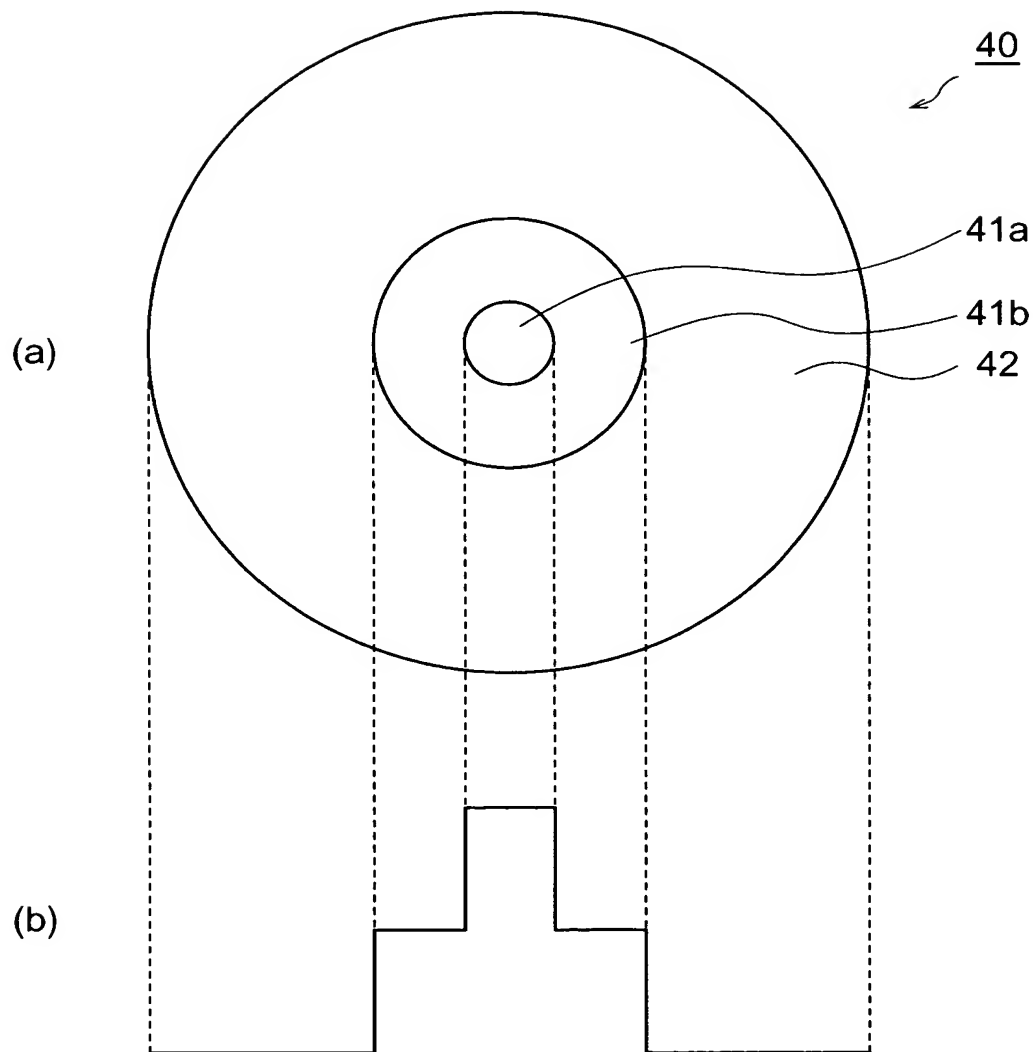




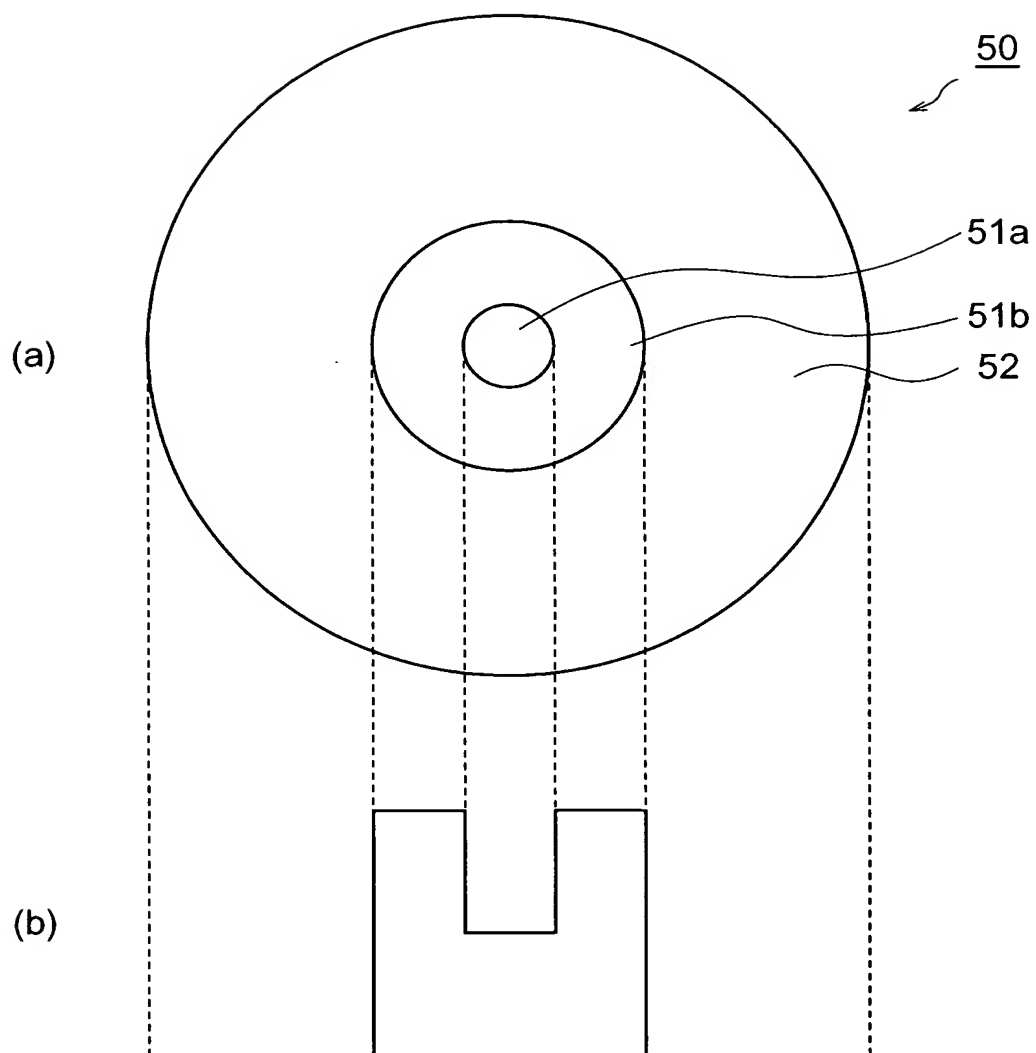
【図 6】



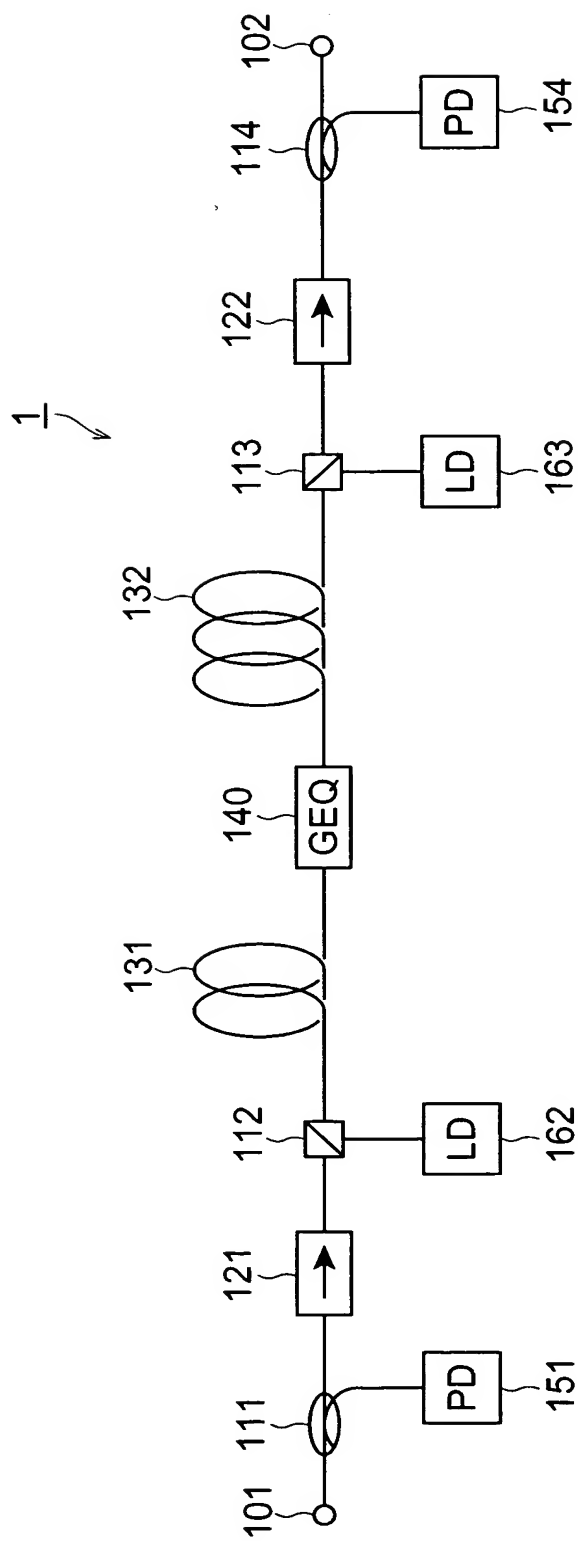
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高濃度の希土類元素イオンの添加が可能で光通信用途に好適な蛍光性ガラス、光増幅用導波路および光増幅モジュールを提供する。

【解決手段】 本発明に係る蛍光性ガラスは、15～50mol%の $\text{Al}_2\text{O}_3$ と、0～80mol%の $\text{SiO}_2$ と、 $\text{B}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{Sb}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Nd}_2\text{O}_5$ 、 $\text{La}_2\text{O}_3$ および $\text{Yb}_2\text{O}_3$ のうち少なくとも1種類以上の合計5～85mol%の酸化物と、希土類元素イオンと、を含有する。この蛍光性ガラスは、従来の蛍光性ガラスと比較して、濃度消光が抑制されるので、高濃度の希土類元素イオンの添加が可能であり、一般に光通信において用いられる信号光波長帯域に含まれる波長の蛍光を高効率に発生させることができる。

【選択図】 図1

## 認定・付加情報

特許出願の番号 特願 2 0 0 3 - 0 4 0 1 8 6  
受付番号 5 0 3 0 0 2 5 8 1 9 7  
書類名 特許願  
担当官 塩原 啓三 2 4 0 4  
作成日 平成 1 5 年 2 月 1 9 日

## &lt; 認定情報・付加情報 &gt;

## 【特許出願人】

【識別番号】 000002130  
【住所又は居所】 大阪府大阪市中心区北浜四丁目 5 番 3 3 号  
【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

## 【特許出願人】

【識別番号】 391012501  
【住所又は居所】 福岡県福岡市東区箱崎 6 丁目 1 0 番 1 号  
【氏名又は名称】 九州大学長

## 【代理人】

申請人  
【識別番号】 100088155  
【住所又は居所】 東京都中央区銀座二丁目 6 番 1 2 号 大倉本館  
創英国際特許法律事務所  
【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100089978  
【住所又は居所】 東京都中央区銀座二丁目 6 番 1 2 号 大倉本館  
創英国際特許法律事務所  
【氏名又は名称】 塩田 辰也

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092657  
【住所又は居所】 東京都中央区銀座二丁目 6 番 1 2 号 大倉本館  
創英国際特許法律事務所  
【氏名又は名称】 寺崎 史朗

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100110582  
【住所又は居所】 東京都中央区銀座二丁目 6 番 1 2 号 大倉本館  
創英国際特許法律事務所  
【氏名又は名称】 柴田 昌聰

次頁無

## 認定・付加情報

特許出願の番号 特願 2003-040186  
受付番号 50300258197  
書類名 特許願  
担当官 小松 清 1905  
作成日 平成 15 年 10 月 17 日

## &lt; 認定情報・付加情報 &gt;

## 【手数料の表示】

【納付金額】 10,500円

## 【特許出願人】

【識別番号】 000002130

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区北浜四丁目 5 番 33 号

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

## 【特許出願人】

【識別番号】 391012501

【住所又は居所】 福岡県福岡市東区箱崎 6 丁目 10 番 1 号

【氏名又は名称】 九州大学長

## 【代理人】

申請人

【識別番号】 100088155

【住所又は居所】 東京都中央区銀座一丁目 10 番 6 号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100089978

【住所又は居所】 東京都中央区銀座一丁目 10 番 6 号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所

【氏名又は名称】 塩田 辰也

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100092657

【住所又は居所】 東京都中央区銀座一丁目 10 番 6 号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所

【氏名又は名称】 寺崎 史朗

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100110582

【住所又は居所】 東京都中央区銀座一丁目 10 番 6 号 銀座ファーストビル 創英国際特許法律事務所

【氏名又は名称】 柴田 昌聰



【書類名】 手続補正書

【提出日】 平成15年 4月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【事件の表示】

【出願番号】 特願2003- 40186

【補正をする者】

【識別番号】 000002130

【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社

【補正をする者】

【識別番号】 594160186

【氏名又は名称】 九州大学長

【代理人】

【識別番号】 100088155

【弁理士】

【氏名又は名称】 長谷川 芳樹

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】 特許願

【補正対象項目名】 発明者

【補正方法】 変更

## 【補正の内容】

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地

住友電気工業株式会社 横浜製作所内

【氏名】 高城 政浩

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地

住友電気工業株式会社 横浜製作所内

【氏名】 春名 徹也

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地

住友電気工業株式会社 横浜製作所内

【氏名】 角井 素貴

## 【発明者】

【住所又は居所】 福岡県大野城市筒井 3 丁目 2-4

ファミリー・プライマル 201

【氏名】 村田 貴広

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番地

住友電気工業株式会社 横浜製作所内

【氏名】 重松 昌行

## 【その他】

今般、本件に関しまして、住友電気工業株式会社の発明者を一人欠落してしまいました。つきましては、発明者の氏名について補正致しますので、よろしくお願い申し上げます。

【プルーフの要否】 要

【書類名】 手続補正書  
【提出日】 平成15年 8月20日  
【あて先】 特許庁長官殿  
【事件の表示】  
    【出願番号】 特願2003- 40186  
【補正をする者】  
    【識別番号】 000002130  
    【氏名又は名称】 住友電気工業株式会社  
【補正をする者】  
    【識別番号】 594160186  
    【氏名又は名称】 九州大学長  
【代理人】  
    【識別番号】 100088155  
    【弁理士】  
    【氏名又は名称】 長谷川 芳樹  
【手続補正1】  
    【補正対象書類名】 特許願  
    【補正対象項目名】 持分の割合  
    【補正方法】 追加  
    【補正の内容】  
        【持分の割合】 50/100

特願 2 0 0 3 - 0 4 0 1 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 3 0 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市中心区北浜四丁目 5 番 3 3 号

氏 名

住友電気工業株式会社

特願 2 0 0 3 - 0 4 0 1 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 5 9 4 1 6 0 1 8 6 ]

1. 変更年月日 1 9 9 4 年 1 0 月 2 8 日  
[変更理由] 識別番号の二重登録による抹消  
[統合先識別番号] 3 9 1 0 1 2 5 0 1  
住 所 福岡県福岡市東区箱崎 6 丁目 1 0 番 1 号  
氏 名 九州大学長

特願 2 0 0 3 - 0 4 0 1 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 3 9 1 0 1 2 5 0 1 ]

1. 変更年月日 1 9 9 4 年 1 0 月 2 8 日  
[変更理由] 識別番号の二重登録による統合  
[統合元識別番号] 5 9 4 1 6 0 1 8 6  
住 所 福岡県福岡市東区箱崎 6 丁目 1 0 番 1 号  
氏 名 九州大学長